

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-258270

(P2003-258270A)

(43) 公開日 平成15年9月12日 (2003.9.12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 L 29/872

識別記号

F I

H 0 1 L 29/48

テ-マ-ト\* (参考)

F 4 M 1 0 4

G

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2002-55242 (P2002-55242)

(22) 出願日 平成14年3月1日 (2002.3.1)

(71) 出願人 000002037

新電元工業株式会社

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72) 発明者 北田 瑞枝

埼玉県飯能市南町10番13号 新電元工業株式会社飯能工場内

(72) 発明者 大島 宏介

埼玉県飯能市南町10番13号 新電元工業株式会社飯能工場内

(74) 代理人 100102875

弁理士 石島 茂男 (外1名)

最終頁に続く

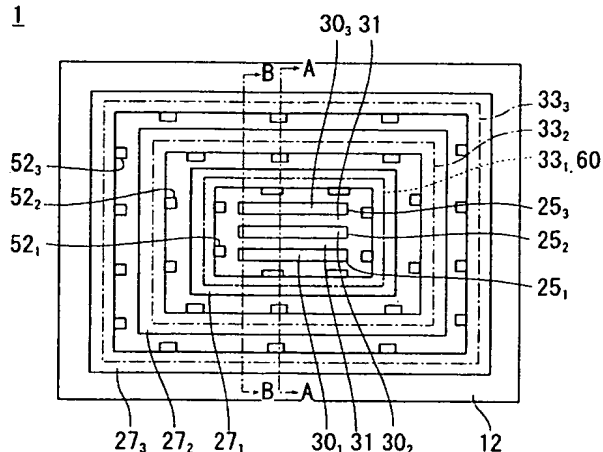
(54) 【発明の名称】 ダイオード素子

(57) 【要約】

【課題】 ショットキーダイオードの耐圧を向上させる技術に関する。

【解決手段】 本発明のダイオード1によれば、任意のガードリング部27<sub>1</sub>~27<sub>3</sub>のリング幅を二等分するリング中心線33より内側に位置する表層領域70では、P型不純物とN型不純物の量とが等しくなっている。従って、その表層領域70内部で、N型のエピタキシャル層12が完全に空乏化すれば、P型の耐圧部25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>及びガードリング部27<sub>1</sub>~27<sub>3</sub>もまた完全に空乏化し、空乏層が形成されない部分は生じず、これにより局部的に電界が集中することもないので、従来の素子に比して耐圧が向上する。

1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1導電型の半導体層と、

前記半導体層に設けられ、リング形状のものと、該リング形状のものの内周領域に配置されたものを含む複数の孔と、

前記複数の孔内部に充填された第2導電型の半導体からなる充填物と、

前記半導体層とはショットキー接合をし、前記充填物とはオーミック接合をする材料で構成された電極膜とを有し、

前記リング形状の孔と、該リング形状の孔に充填された充填物とでガードリング部が構成され、

前記リング形状の孔の内周領域に配置された孔と、該孔に充填された充填物とで耐圧部が構成され、

前記ガードリング部のリング内周より内側に位置する半導体層で活性領域が構成され、

前記電極膜は、前記耐圧部内の充填物と、前記活性領域とに接触するように配置され、

前記活性領域には、前記電極膜と前記半導体層とが接触した部分のショットキー接合で構成されたショットキー接合部と、前記電極膜と前記耐圧部内の充填物とが接触した部分のオーミック接合で構成されたオーミック接合部とが配置されたダイオード素子であって、

前記半導体層と前記充填物を含む基板の表面から、前記孔の底部までの深さに位置する前記基板の一部である表層領域では、前記ガードリング部をリング幅で二等分するリング中心線よりも内側に位置する部分で、前記半導体層内部の第1導電型不純物の量と、前記充填物内の第2導電型不純物の量とは互いに等しいダイオード素子。

【請求項2】前記ガードリング部は複数設けられ、各ガードリング部は互いに同心状に配置され、

前記表層領域の、互いに隣接する各ガードリング部の各リング中心線の間に位置する部分では、前記半導体層内部の第1導電型不純物の量と、前記充填物内部の第2導電型不純物の量とは互いに等しい請求項1記載のダイオード素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はダイオードに係り、特に、細溝内に半導体結晶がエピタキシャル成長された構造を有するショットキーバリア型ダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】図17は、従来技術のダイオード101の平面図を示し、図18は、図17のP-P線断面図を示している。なお、簡単のため図17には、後述する熱酸化膜とPSG膜とアノード電極は図示していない。このダイオード101は、N型のシリコン基板111を有している。シリコン基板111の表面上にはN型のエピタキシャル層112が形成されている。

【0003】このエピタキシャル層112の表面には、平面形状がリング状の孔と長方形の孔とが設けられている。ここではリング状の孔と長方形の孔が3個ずつ設けられている。各リング状の孔は同心状に配置されており、最も内側に配置された孔のリング内周より内側に、各長方形の孔が配置されている。

【0004】各リング状の孔と各長方形の孔との内部には、エピタキシャル成長法で形成され、P型不純物が含まれた半導体層がそれぞれ充填されており、長方形の孔と半導体層とで耐圧部125<sub>1</sub>～125<sub>3</sub>が構成され、各リング状の孔と半導体層とで、ガードリング部127<sub>1</sub>～127<sub>3</sub>が形成されている。

【0005】エピタキシャル層112の表面には、熱酸化膜114とPSG膜115とが順次形成されている。PSG膜115上には金属薄膜からなるアノード電極118が配置されている。熱酸化膜114とPSG膜115とは同じ位置に開口が形成されている。この開口の縁を図17の符号162aに示す。この開口の底部ではエピタキシャル層112と、耐圧部125<sub>1</sub>～125<sub>3</sub>

と、最内周のガードリング部127<sub>1</sub>とが露出しており、これらの露出した部分がアノード電極118の底部と接触している。このアノード電極118は、エピタキシャル層112と接触した部分でショットキー接合部131を形成し、耐圧部125<sub>1</sub>～125<sub>3</sub>及び最内周のガードリング部127<sub>1</sub>とはオーミック接合部130<sub>1</sub>～130<sub>3</sub>を形成する。

【0006】かかる構成のダイオード101では、アノード電極118に正電圧、カソード電極119に負電圧を印加すると、アノード電極118とエピタキシャル層112との間のショットキー接合部131が順バイアスされ、アノード電極118からカソード電極119に向けて電流が流れる。

【0007】それとは逆に、アノード電極118に負電圧、カソード電極119に正電圧を印加すると、アノード電極118とエピタキシャル層112との間のショットキー接合部131と、耐圧部125<sub>1</sub>～125<sub>3</sub>及び最内周のガードリング部127<sub>1</sub>と、エピタキシャル層112との間の各PN接合とが逆バイアスされ、電流は流れなくなる。この状態で、各PN接合からエピタキシャル層112内に横方向に空乏層が広がる。

【0008】かかる従来のダイオード素子101では、仮にエピタキシャル層112が完全に空乏化しても、耐圧部125<sub>1</sub>～125<sub>3</sub>やガードリング部127<sub>1</sub>～127<sub>3</sub>の内部が完全に空乏化せず空乏層が形成されない箇所が存在することがあった。この場合には空乏層が形成されない箇所に電界が集中してしまい、耐圧が低下してしまっていた。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記従来技術の不都合を解決するために創作されたものであり、その

目的は、高耐圧のダイオード素子を提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、請求項1記載の発明は、第1導電型の半導体層と、前記半導体層に設けられ、リング形状のものと、該リング形状のものの内周領域に配置されたものを含む複数の孔と、前記複数の孔内部に充填された第2導電型の半導体からなる充填物と、前記半導体層とはショットキー接合をし、前記充填物とはオーミック接合をする材料で構成された電極膜とを有し、前記リング形状の孔と、該リング形状の孔に充填された充填物とでガードリング部が構成され、前記リング形状の孔の内周領域に配置された孔に充填された充填物とで耐圧部が構成され、前記ガードリング部のリング内周より内側に位置する半導体層で活性領域が構成され、前記電極膜は、前記耐圧部内の充填物と、前記活性領域とに接触するように配置され、前記活性領域には、前記電極膜と前記半導体層とが接触した部分のショットキー接合で構成されたショットキー接合部と、前記電極膜と前記耐圧部内の充填物とが接触した部分のオーミック接合で構成されたオーミック接合部とが配置されたダイオード素子であって、前記半導体層と前記充填物を含む基板の表面から、前記孔の底部までの深さに位置する前記基板の一部である表層領域では、前記ガードリング部をリング幅で二等分するリング中心線よりも内側に位置する部分で、前記半導体層内部の第1導電型不純物の量と、前記充填物内の第2導電型不純物の量とは互いに等しい。請求項2記載の発明は、請求項1記載のダイオード素子であって、前記ガードリング部は複数設けられ、各ガードリング部は互いに同心状に配置され、前記表層領域の、互いに隣接する各ガードリング部の各リング中心線の間に位置する部分では、前記半導体層内部の第1導電型不純物の量と、前記充填物内部の第2導電型不純物の量とは互いに等しい。

【0011】かかる構成のダイオード素子で、第1導電型をN型とし、第2導電型をP型とすると、半導体層とオーミック接合する金属膜を、孔が設けられた表面と反対側の表面に形成し、半導体層を接地した状態で電極膜に、金属膜に対して正の電圧を印加すると、電極膜と半導体層との間のショットキー接合が順バイアスされ、ショットキー接合を通して電極膜から金属膜へと電流が流れる。このとき、耐圧部内の充填物と半導体層との間のPN接合も順バイアスされるが、PN接合の障壁高さはショットキー接合の障壁高さよりも高いので、PN接合に流れる電流はショットキー接合面を介して流れる電流よりもはるかに小さい。

【0012】それとは逆に電極膜に、金属膜に対して負の電圧を印加すると、電極膜と半導体層との間のショットキー接合と、耐圧部と半導体層との間のPN接合との両方が逆バイアスされ、電流は流れなくなる。

【0013】上述した複数の孔を、同一のエッチング工程で形成すれば、各孔の深さが一定になり、表層領域の厚みも一定になる。表層領域の厚みが一定であれば、横方向に広がる空乏層は表層領域内部のみに広がるので、横方向に広がる空乏層を考えるには、表層領域内部のみを考えればよい。

【0014】本発明のダイオード素子では、最内周のガードリング部のリング中心線より内側に位置する表層領域では、第1導電型不純物の量と第2導電型不純物の量は互いに等しく構成されているので、表層領域において、最内周のガードリング部のリング中心線より内側の第1導電型の半導体層が完全に空乏化すると、第2導電型の耐圧部及びガードリング部の内部も完全に空乏化する。

【0015】このように、第1導電型不純物の量と第2導電型不純物との量が等しく構成されていれば、上述した複数の孔のうち、リング形状のものの内周領域に配置されたものはいかなる形状でもよく、例えば矩形状や円状、あるいはリング形状のものであってもよい。

【0016】このように孔の形状はどのような形状でもよいが、互いに隣接する各孔の間の距離が等しくなく、他の孔と極端に離れて配置された孔があると、他の孔の間の空乏化しても、離れて配置された孔と他の孔との間の空乏化しないことがあり、その場合には空乏化しない箇所に電界集中が生じてしまうので、各孔の間の距離を互いに等しくするとよい。

【0017】また、上述した充填物のうち、少なくともリング状の孔内に充填され、ガードリング部を構成する充填物を同一工程で形成してもよい。このように構成すると、ガードリング部を構成する充填物は同じ材料で構成される。充填物をエピタキシャル成長で形成し、成長の際に一定量の不純物ガスを導入すれば、各充填物内部の不純物濃度は均一になる。特に、各ガードリング部内部の不純物濃度が均一である場合に、リング幅を二等分するリング中心線より内側と外側とでは、面積が異なり、リング中心線より内側と外側とにそれぞれ位置する不純物の量は厳密には等しくないが、その量の差は微小であるため、リング中心線より内側と外側にそれぞれ位置する不純物の量は略等しくなる。

【0018】特に、ガードリング部が矩形リング状に形成されている場合には、リング中心線より内側と外側にそれぞれ位置する部分の面積の差は、四隅部分のみで生じ、他の部分では面積は全く等しいので、無視できる程度であり、リング中心線より内側と外側にそれぞれ位置する部分の不純物はほぼ等しいといえる。

【0019】なお、本発明のダイオード素子において、ガードリング部を複数個設け、互いに隣接するガードリング部の各リング中心線の間に位置する部分の表層領域で、第1導電型不純物と第2導電型不純物の量が互いに等しくなるように構成してもよい。このように構成する

と、任意のガードリング部のリング中心線より内側の表層領域では、第1導電型不純物の量と第2導電型不純物の量とが互いに等しくなり、任意のガードリング部のリング中心線より内側に位置する表層領域では、第1導電型の半導体層が完全に空乏化すると、第2導電型の耐圧部及びガードリング部の内部もまた完全に空乏化する。

【0020】互いに隣接するガードリング部間において、内側に位置するガードリング部のリング外周と、外側に位置するガードリング部のリング内周との距離を均一にすれば、内側のガードリング部のリング外周から空乏層が広がったときに、各空乏層の端部は外側のガードリング部のリング内周に同時に到達するので、一部に空乏層の端部が到達しないことで空乏化しない部分が形成されることはない。

【0021】

【発明の実施の形態】以下で図面を参照し、本発明の実施形態について説明する。最初に、本発明の一実施形態に係るダイオード素子の製造方法について説明する。

【0022】図4を参照し、符号11は、N型のシリコン基板11を示している。このシリコン基板11の表面上には、本発明の半導体層の一例であるN型のエピタキシャル層12が形成されている。エピタキシャル層12の表面にはパターニングされた熱酸化膜13が成膜されている。この熱酸化膜13は、平面図を図11に示すように、平面形状が矩形リング状の開口47<sub>1</sub>~47<sub>3</sub>と、平面形状が長方形の開口46<sub>1</sub>~46<sub>3</sub>とを複数ずつ有しており、矩形リング状の開口47<sub>1</sub>~47<sub>3</sub>と、長方形の開口46<sub>1</sub>~46<sub>3</sub>との底部で、エピタキシャル層12が露出している。ここでは、矩形リング状の開口47<sub>1</sub>~47<sub>3</sub>と長方形の開口46<sub>1</sub>~46<sub>3</sub>とをそれぞれ3個ずつ有している。なお、図4は図11のD-D線断面図に相当している。

【0023】図11に示すように、各矩形リング状の開口47<sub>1</sub>~47<sub>3</sub>は同心状に配置されており、各長方形の開口46<sub>1</sub>~46<sub>3</sub>は、最も内側の矩形リング状の開口47<sub>1</sub>のリング内周より内側に位置し、互いに平行に配置されている。

【0024】この熱酸化膜13をマスクにし、熱酸化膜13の開口底部で露出するエピタキシャル層12をエッチングすると、図5に示すように、長方形の開口46<sub>1</sub>~46<sub>3</sub>の底部と矩形リング状の開口47<sub>1</sub>~47<sub>3</sub>底部で露出したエピタキシャル層12が除去され、長方形の開口46<sub>1</sub>~46<sub>3</sub>と矩形リング状の開口47<sub>1</sub>~47<sub>3</sub>の下方に、それぞれ平面形状が細長矩形形状である細孔23<sub>1</sub>~23<sub>3</sub>と、平面形状が矩形リング状である矩形リング状の孔26<sub>1</sub>~26<sub>3</sub>が形成される。これらの細孔23<sub>1</sub>~23<sub>3</sub>と矩形リング状の孔26<sub>1</sub>~26<sub>3</sub>は、同じエッチング工程で同時に形成されるため、それぞれの深さは互いに等しくなっており、各細孔23<sub>1</sub>~23<sub>3</sub>と矩形リング状の孔26<sub>1</sub>~26<sub>3</sub>の底部は、いずれもエピタキシ

シャル層12の内部に位置している。

【0025】次いで、細孔23<sub>1</sub>~23<sub>3</sub>と矩形リング状の孔26<sub>1</sub>~26<sub>3</sub>との内部に、p型不純物であるボロンを含むガスを流しながらエピタキシャル層を成長させると、図6に示すように、細長矩形形状の細孔23<sub>1</sub>~23<sub>3</sub>の内部に、P型のエピタキシャル層からなる耐圧部25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>が形成されるとともに、各矩形リング状の孔26<sub>1</sub>~26<sub>3</sub>の内部に、P型のエピタキシャル層からなるガードリング部27<sub>1</sub>~27<sub>3</sub>が形成される。このように、ガードリング部27<sub>1</sub>~27<sub>3</sub>や、耐圧部25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>は、不純物が添加されたガスを一定量ずつ流して、細孔23<sub>1</sub>~23<sub>3</sub>と矩形リング状の孔26<sub>1</sub>~26<sub>3</sub>との内部にエピタキシャル成長させることで形成されているので、内部の不純物濃度は均一になっている。エピタキシャル層12と、各耐圧部25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>と、各ガードリング部27<sub>1</sub>~27<sub>3</sub>とは、本発明の基板の一例を構成している。

【0026】次に、熱酸化膜13をパターニングして、図7に示すように、各矩形リング形状の各開口47<sub>1</sub>~47<sub>3</sub>にそれぞれ接する位置の熱酸化膜13に、部分的に切り欠き51<sub>1</sub>~51<sub>3</sub>を複数個形成する。なお、図7は図12のE-E線断面図に対応しており、ここでは図12に示すように切り欠き51<sub>1</sub>~51<sub>3</sub>の平面形状は矩形になっている。

【0027】次いで、この熱酸化膜13をマスクにして基板表面にボロンイオンを注入すると、切り欠き51<sub>1</sub>~51<sub>3</sub>の形成された部分のエピタキシャル層12の表面にP型不純物注入層が形成され、熱処理すると、P型不純物注入層が拡散して図8に示すように、切り欠き51<sub>1</sub>~51<sub>3</sub>の形成された部分に、各ガードリング部27<sub>1</sub>~27<sub>3</sub>のリング内周とそれぞれ接するP型不純物拡散層からなる中継拡散層52<sub>1</sub>~52<sub>3</sub>が形成される。

【0028】次に熱酸化膜13を除去した後、熱酸化処理してエピタキシャル層12の表面に熱酸化膜を成膜し、CVD法等により熱酸化膜の表面にPSG膜を成膜する。その後、熱酸化膜及びPSG膜をパターニングして、最内周のガードリング部27<sub>1</sub>のリング内周より内側に位置する熱酸化膜及びPSG膜に開口を形成する。図9の符号14に熱酸化膜を示し、符号15にPSG膜を示し、符号60に、開口を示す。この開口60の底部では、エピタキシャル層12と、耐圧部25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>の表面が露出している。

【0029】次に、金属をスパッタリングし、全面に金属膜を成膜した後、パターニングして、金属膜からなるアノード電極膜18を形成する。その状態を図10に示す。この金属膜を構成する金属は、開口60の底部で露出するエピタキシャル層12、耐圧部25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>と接触し、エピタキシャル層12とはショットキー接合を形成し、耐圧部25<sub>1</sub>~25<sub>3</sub>とはオーミック接合を形成する金属であって、ここではクロムを用いている。アノード

ド電極膜 18 とエピタキシャル層 12 とで形成されるオーミック接合をオーミック接合部 30<sub>1</sub> ~ 30<sub>3</sub> とし、アノード電極膜 18 と耐圧部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>3</sub> とで形成されるショットキー接合をショットキー接合部 31 とすると、ショットキー接合部 31 とオーミック接合部 30<sub>1</sub> ~ 30<sub>3</sub> とは、いずれも最内周のガードリング部 27<sub>1</sub> のリング内周より内側に位置している。

【0030】エピタキシャル層 12 の表面にはアノード電極膜 18 が配置されている。アノード電極膜 18 の底部は、上述したように熱酸化膜 14 と PSG 膜 15 の開口底部で露出する各耐圧部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>3</sub> と、エピタキシャル層 12 の表面とに接触し、各ガードリング部 27<sub>1</sub> ~ 27<sub>3</sub> とは非接触の状態になっている。その結果、各耐圧部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>3</sub> はアノード電極膜 18 と同電位であり、各ガードリング部 27<sub>1</sub> ~ 27<sub>3</sub> は浮遊電位に置かれている。上述したように各ガードリング部 27<sub>1</sub> ~ 27<sub>3</sub> は、耐圧部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>3</sub> を取り囲むように同心状に配置されている。

【0031】その後、基板 11 の、エピタキシャル層 12 が配置された側と反対側の一表面に、基板 11 とオーミック接合する金属薄膜からなるカソード電極膜 19 を形成する。以上の工程を経て、図 1、図 2 に示す本発明の一実施形態に係るダイオード 1 が完成する。図 1 は、ダイオード 1 の平面図であり、図 2、図 3 は図 1 の A-A 線断面、B-B 線断面に相当する部分の断面図をそれぞれ示している。なお、簡単のため、図 1 では、アノード電極膜 18 と熱酸化膜 14 と PSG 膜 15 は省略している。なお、符号 60 は、熱酸化膜 14 と PSG 膜 15 の開口を示している。

【0032】かかるダイオード 1 では、アノード電極膜 18 に、カソード電極膜 19 に対して正の電圧を印加すると、アノード電極膜 18 とエピタキシャル層 12 との間のショットキー接合部 31 が順バイアスされ、アノード電極膜 18 からカソード電極膜 19 に向けて電流が流れる。

【0033】このとき、各耐圧部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>3</sub> とエピタキシャル層 12 との間の PN 接合が順バイアスされるが、PN 接合の障壁高さはショットキー接合の障壁高さよりも高いので、PN 接合には電流は流れないか、流れても僅かである。

【0034】それとは逆に、アノード電極膜 18 に、カソード電極膜 19 に対して負の電圧を印加すると、アノード電極膜 18 とエピタキシャル層 12 との間のショットキー接合部 31 と、各耐圧部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>3</sub> とエピタキシャル層 12 との間の PN 接合とが逆バイアスされ、PN 接合から空乏層が広がり、電流が流れなくなる。

【0035】本発明の基板の表面から、細孔 23<sub>1</sub> ~ 23<sub>3</sub> と矩形リング状の孔 26<sub>1</sub> ~ 26<sub>3</sub> を含む複数の孔の底部よりも深い領域には PN 接合はないので、表面からその底部までの深さの領域を表層領域 70 とし、PN 接

合からの空乏層の広がりのうち、底面方向への広がりを無視すると、空乏層は、表層領域 70 内部を横方向に広がる。

【0036】空乏層の広がり量は不純物の量に依存するので、表層領域 70 内の空乏層の広がりを考えるには、表層領域 70 内の不純物量を考えればよい。

【0037】表層領域 70 内の不純物については、最内周のガードリング部 27<sub>1</sub> をリング幅方向に二等分する線を第 1 リング中心線 33<sub>1</sub> とすると、表層領域 70 のうち、第 1 リング中心線 33<sub>1</sub> よりも内側の部分では、全部の耐圧部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>3</sub> 内の P 型不純物の総量と、最内周のガードリング部 27<sub>1</sub> 内の P 型不純物の量とを合計した合計量は、エピタキシャル層 12 内の N 型不純物の量に等しくされている。

【0038】このため、表層領域 70 のうち、第 1 リング中心線 33<sub>1</sub> よりも内側に位置する N 型の部分が完全に空乏化したときには、第 1 リング中心線 33<sub>1</sub> よりも内側に位置する P 型の部分が空乏化する。

【0039】すなわち、第 1 リング中心線 33<sub>1</sub> よりも内側に位置するエピタキシャル層 12 の内部が完全に空乏化したときには、第 1 リング中心線 33<sub>1</sub> よりも内側に位置する全部の耐圧部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>3</sub> の内部と最内周のガードリング部 27<sub>1</sub> の内部との両方が完全に空乏化する。

【0040】また、表層領域 70 のうち、互いに隣接するガードリング部 27<sub>n-1</sub>、27<sub>n</sub> のリング幅をそれぞれ二等分する第 (n-1)、第 n リング中心線 33<sub>n-1</sub>、33<sub>n</sub> の間に挟まれている領域では、エピタキシャル層 12 内の N 型不純物の量と、互いに隣接している各ガードリング部 27<sub>n-1</sub>、27<sub>n</sub> 内の P 型不純物の量の合計とが互いに等しくなっている。

【0041】すなわち、どのガードリング部 27<sub>1</sub> ~ 27<sub>3</sub> のリング中心線 33<sub>1</sub> ~ 33<sub>3</sub> についても、各リング中心線 33<sub>1</sub> ~ 33<sub>3</sub> より内側の表層領域 70 では、P 型不純物の量は N 型不純物の量と等しくなっている。

【0042】このため、各リング中心線 33<sub>1</sub> ~ 33<sub>3</sub> よりも内側のエピタキシャル層 12 の内部が完全に空乏化したときには、各リング中心線 33<sub>1</sub> ~ 33<sub>3</sub> よりも内側のガードリング部 27<sub>1</sub> ~ 27<sub>3</sub> と、各耐圧部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>3</sub> の内部と最内周のガードリング部 27<sub>1</sub> の内部との両方が完全に空乏化する。従って、従来のように空乏層が形成されない箇所に電界が集中してダイオードの耐圧が低下することはない。

【0043】なお、表層領域 70 内では、各孔の深さは同じで、かつ各耐圧部 25<sub>1</sub> ~ 25<sub>3</sub> と、各ガードリング部 27<sub>1</sub> ~ 27<sub>3</sub> の不純物濃度は均一にされている。このため、ある領域について P 型不純物の量と N 型不純物の量が等しくなるには、その領域内で P 型不純物を含む部分の面積と不純物濃度の積と、N 型不純物を含む部分の面積と不純物濃度の積とが等しいという条件を満たして

いればよい。

【0044】そこで、本実施形態では、各耐圧部25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>と最内周のガードリング部27<sub>1</sub>の面積及び不純物濃度や、各耐圧部25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>と最内周のガードリング部27<sub>1</sub>の間の距離等を予め適当な値に設定して、第1リング中心線33<sub>1</sub>より内側の表層領域70で、全部の耐圧部25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>の面積及び不純物濃度との積の総量と、最内周のガードリング部27<sub>1</sub>の面積及び不純物濃度の積とを合計した合計量が、エピタキシャル層12の面積及び不純物濃度の積と等しくなるようにしている。その結果、第1リング中心線33<sub>1</sub>より内側の表層領域70で全部の耐圧部25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>のP型不純物の総量と、最内周のガードリング部27<sub>1</sub>のP型不純物の量とを合計した量が、エピタキシャル層12のN型不純物の量と等しくなっている。

【0045】同様に、各ガードリング部27<sub>1</sub>～27<sub>3</sub>のリング幅及び不純物濃度等や、互いに隣接するガードリング部27<sub>n-1</sub>、27<sub>n</sub>間の距離等を予め適当な値に設定しており、互いに隣接する第(n-1)、第nリング中心線33<sub>n-1</sub>、33<sub>n</sub>間の間に挟まれた表層領域70では、互いに隣接するガードリング部27<sub>n-1</sub>、27<sub>n</sub>の不純物濃度と面積との積を合計した合計量が、互いに隣接する各ガードリング部27<sub>n-1</sub>、27<sub>n</sub>に挟まれたエピタキシャル層12の不純物濃度と面積との積に等しくなるようにしている。その結果、互いに隣接する第(n-1)、第nリング中心線33<sub>n-1</sub>、33<sub>n</sub>間の表層領域70では、互いに隣接するガードリング部27<sub>n-1</sub>、27<sub>n</sub>のP型不純物の総量が、互いに隣接する各ガードリング部27<sub>n-1</sub>、27<sub>n</sub>に挟まれたエピタキシャル層12のN型不純物の量と等しくなっている。

【0046】また、本発明では、各ガードリング部27<sub>1</sub>～27<sub>3</sub>の各リング内周には、浅いP型不純物拡散層からなる中継拡散層52<sub>1</sub>～52<sub>3</sub>がそれぞれ設けられている。ここでは、各中継拡散層52<sub>1</sub>～52<sub>3</sub>は、各ガードリング部27<sub>1</sub>～27<sub>3</sub>のリング内周に直接接触して配置されている。

【0047】互いに隣接するガードリング部27<sub>1</sub>～27<sub>3</sub>の間に挟まれたエピタキシャル層12の幅は、中継拡散層52<sub>1</sub>～52<sub>3</sub>が設けられた部分の方が、中継拡散層52<sub>1</sub>～52<sub>3</sub>が設けられていない部分よりも短くなっている。互いに隣接する各ガードリング部のうち、少なくとも一方のガードリング部の電位が浮遊電位に置かれている場合に、各ガードリング部27<sub>1</sub>～27<sub>3</sub>から空乏層が広がると、エピタキシャル層12の幅が短くなっている部分は、幅が長い部分よりも早く空乏化するので、中継拡散層52<sub>1</sub>～52<sub>3</sub>が設けられた部分は、中継拡散層52<sub>1</sub>～52<sub>3</sub>が設けられていない部分が空乏化する電圧よりも低い電圧で空乏化し、浮遊電位状態にあったガードリング部27の電位状態を早く安定にすることができる。これらの中継拡散層52<sub>1</sub>～52<sub>3</sub>はリング内周に

部分的に配置されているが、リング内周や外周の全周に配置してもよい。あるいは、設けなくともよい。

【0048】また、本実施形態のダイオード1には各ガードリング部27<sub>1</sub>～27<sub>3</sub>が3本設けられたものとしたが、本発明のガードリング部の本数はこれに限られるものではなく、何本設けられていてもよい。

【0049】また、上記実施形態のダイオード1では、各耐圧部25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>の平面形状を、細長の矩形とし、各耐圧部25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>は互いに平行に配置されたものとしたが、本発明の耐圧部はこれに限られるものではなく、例えば図13に平面図を示し、図14にそのF-F線断面図を示すように、平面形状が矩形の各耐圧部25を、島状に配置したダイオード2を構成してもよい。なお、図13では、簡単のため熱酸化膜14、PSG膜15及びアノード電極膜18は図示していない。

【0050】また、図15に平面図を示し、図16にそのG-G線断面図を示すように、矩形リング状の耐圧部25aと、その内周領域に配置された矩形の耐圧部25bとを設け、これらの耐圧部25a、25bが最内周のガードリング部27<sub>1</sub>より内側に配置されるダイオード3を構成してもよい。なお、図15では、簡単のため熱酸化膜14、PSG膜15及びアノード電極膜18とは図示していない。

【0051】また、上記実施形態では、第1導電型をN型とし、第2導電型をP型としているが、これとは逆に第1導電型をP型とし、第2導電型をN型としてもよい。

【0052】

【発明の効果】電界集中が生じず、高耐圧のダイオードが得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態のダイオード素子を説明する平面図

【図2】図1のA-A線断面図

【図3】図1のB-B線断面図

【図4】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第1の断面図

【図5】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第2の断面図

【図6】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第3の断面図

【図7】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第4の断面図

【図8】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第5の断面図

【図9】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第6の断面図

【図10】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第7の断面図

【図11】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造

11

12

工程を説明する第1の平面図

【図12】本発明の一実施形態のダイオード素子の製造工程を説明する第2の平面図

【図13】本発明の他の実施形態のダイオード素子を説明する平面図

【図14】図13のF-F線断面図

【図15】本発明のその他の実施形態のダイオード素子説明する平面図

【図16】図15のG-G線断面図

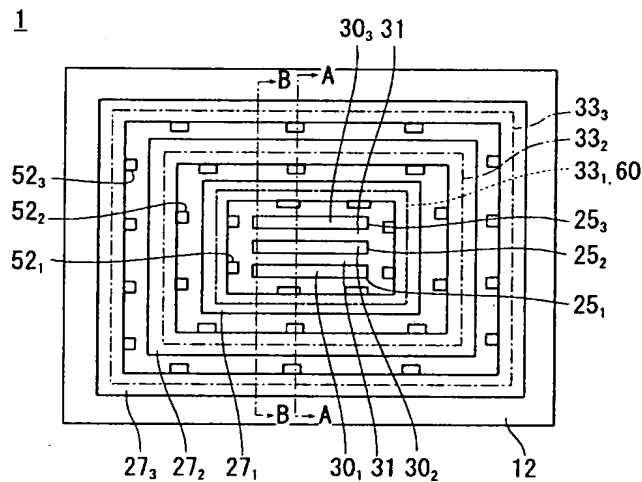
【図17】従来のダイオード素子を説明する平面図

【図18】図17のP-P線断面図

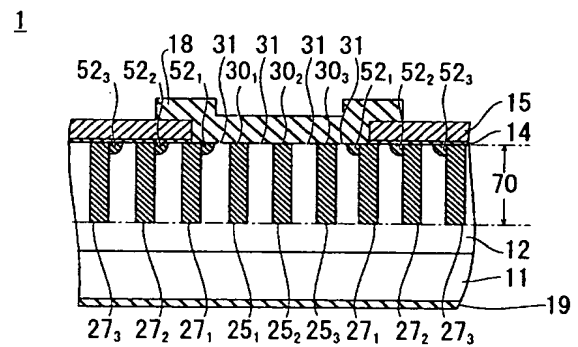
【符号の説明】

- 1……ダイオード  
 11……シリコン基板  
 12……エピタキシャル層(半導体層)  
 18……アノード電極膜(電極膜)  
 25<sub>1</sub>～25<sub>3</sub>……耐圧部  
 27<sub>1</sub>～27<sub>3</sub>……ガードリング部

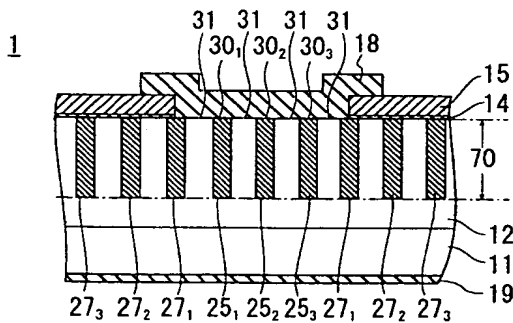
【図1】



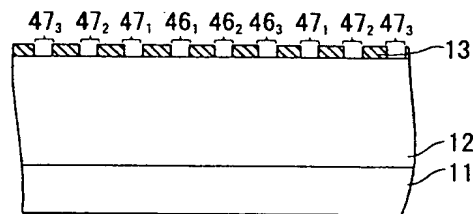
【図2】



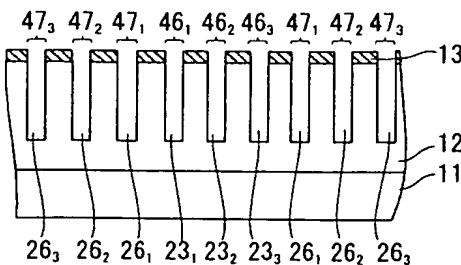
【図3】



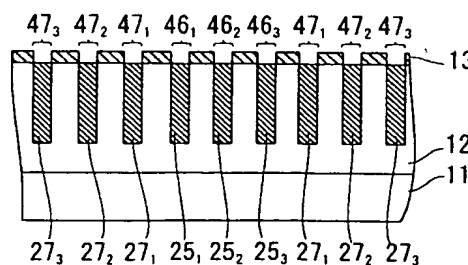
【図4】



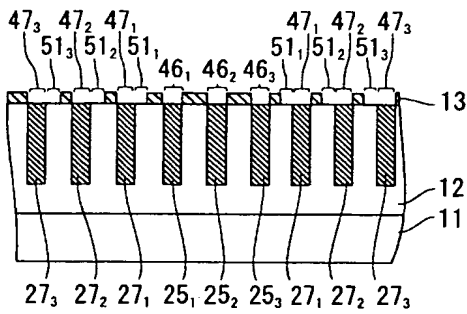
【図5】



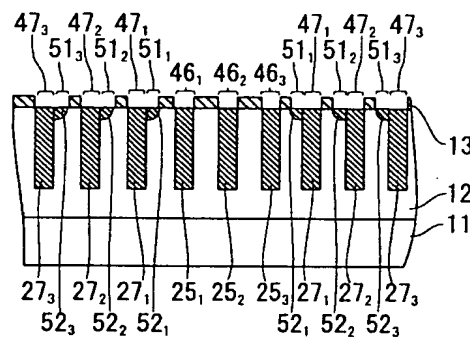
【図6】



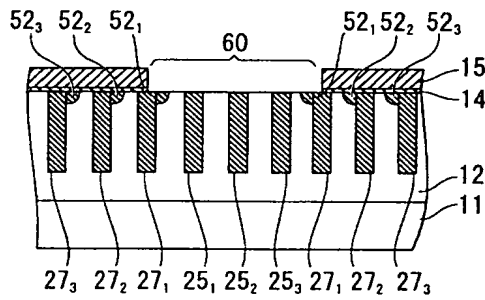
【図 7】



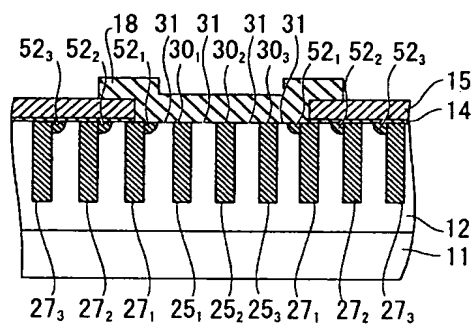
【図 8】



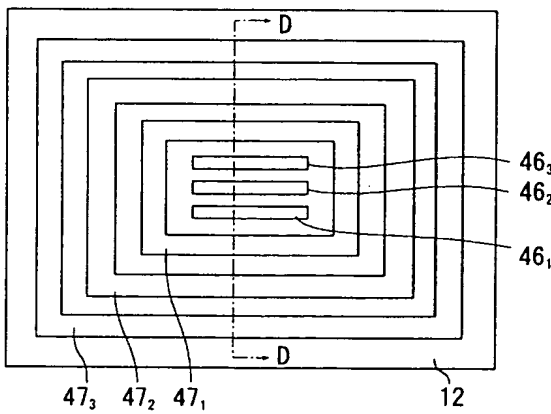
【図 9】



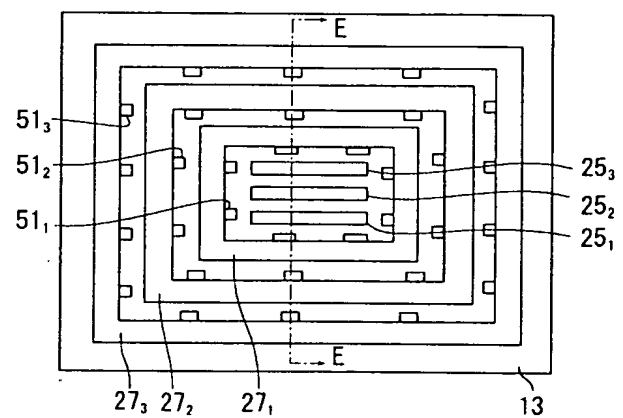
【図 10】



【図 11】

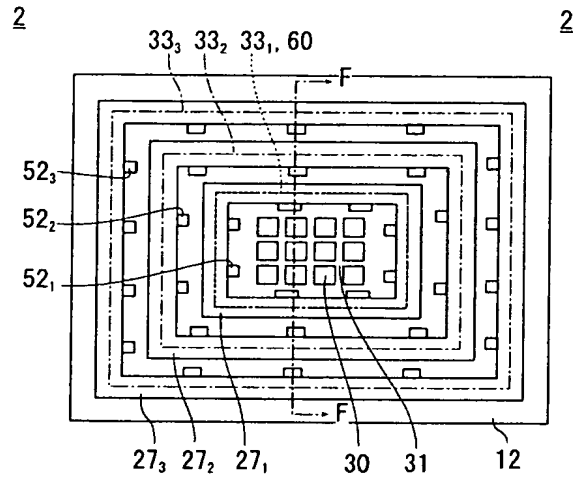


【図 12】

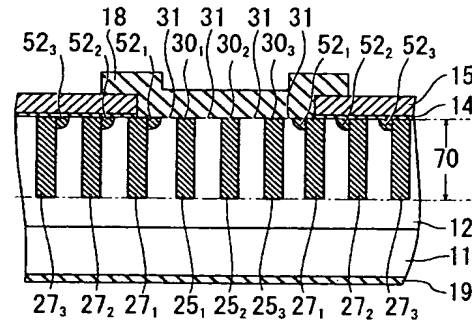




【図 13】

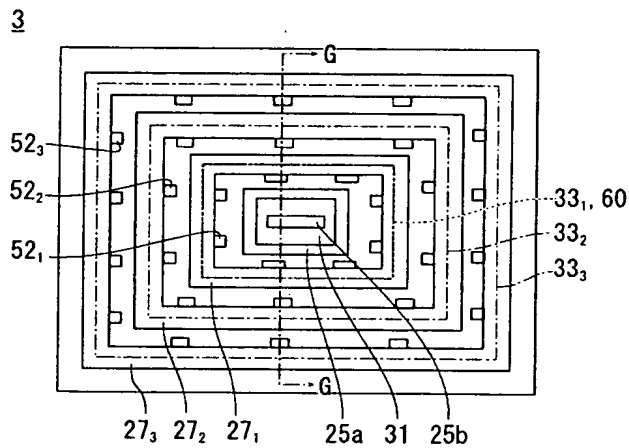


【図 14】

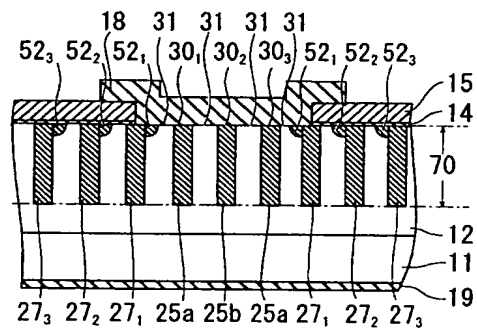


【図 16】

【図 15】

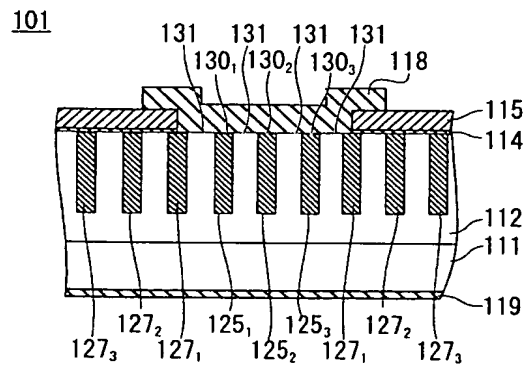


3

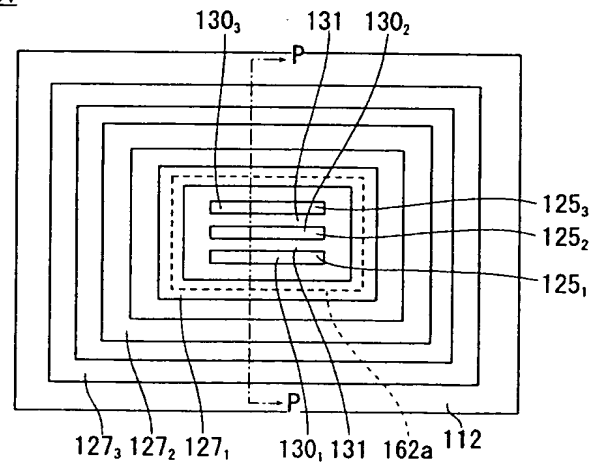


【図 17】

【図 18】



101



フロントページの続き

(72)発明者 九里 伸治

埼玉県飯能市南町10番13号 新電元工業株  
式会社飯能工場内

Fターム(参考) 4M104 CC03 DD26 DD43 DD46 FF35  
GG03 HH20